

修 士 論 文 の 和 文 要 旨

研究科・専攻	大学院 電気通信学研究科 知能機械工学専攻 博士前期課程		
氏 名	井上 皓平	学籍番号	0934009
論 文 題 目	Relaxation of Lyapunov Stability Theorem and Its Application to Fuzzy System.		
<p>要 旨</p> <p>非線形制御理論において、リアプノフの安定定理は安定解析・制御系設計に関する最も重要な定理であり、非線形制御理論の根底を成す定理である。しかし、リアプノフの安定定理の要求「平衡点では0であり、平衡点以外では正である関数$V(\mathbf{x}(t))$ がサンプル時間t に対して単調減少であれば、状態量\mathbf{x} は漸近安定」を満たすVを見つけだす（もしくは存在しないことを保証する）一般的かつ完全な方法はなく、特に複雑な非線形システムの安定解析・制御系設計においては、関数V の単調減少性を保証するのは困難である。この問題点に対して、本研究では、従来の安定性の定義とほぼ同等な定義を与え、また、「d サンプル間離れた時刻の関数V をそれぞれk サンプル時刻分足し合わせた値の差分を考えることで、V がサンプル時間t に対して必ずしも単調減少でなくても、\mathbf{x} は漸近安定と同等の制御性能を保証することができる」といった定理を導出することで、リアプノフの安定定理を緩和した。さらに同様の緩和手法を用いて、時変システムの安定定理、不変定理、時変システム不変定理、指数安定定理、逆リアプノフ定理、Lagrange 安定定理、Boundedness 定理、Ultimate Boundedness 定理の緩和を行った。また、緩和されたリアプノフの安定定理とベルマン方程式を用いて、離散システムの最適制御手法を導出した。さらにリアプノフの安定定理の緩和に加え、重要な非線形制御手法の一つであるTakagi-Sugeno ファジィシステムの一般化と数学的基礎付けを行った。これの主となる考えは、多様体研究の解析手法である“一の分割”をメンバシップ関数の構成法として用いたことと、σ-コンパクト多様体（もしくはその部分多様体）上のベクトル場としてTakagi-Sugeno ファジィシステムを考えたことである。また、緩和したリアプノフの安定定理を用いて、Takagi-Sugenoファジィシステムの安定解析、安定可制御、Guaranteed Cost 制御、モデル不確かさと外乱を含むシステムの制御への応用を行った。これらのTakagi-Sugenoファジィシステムの解析、制御系設計条件は線形行列不等式であり、これは計算機により容易に解を得る事が可能な凸最適化問題に帰着される。特に、Takagi-Sugenoファジィシステムの安定解析、安定可制御、モデル不確かさと外乱を含むシステムの制御では、スイッチング制御則と Piecewise 関数Vを用いて、さらに条件を緩くすることを試みた。スイッチング制御則と Piecewise関数を用いた場合のTakagi-Sugenoファジィシステムの解析、制御系設計条件は、いまだ有効な数値解析手法が確立されていない、双線形行列不等式となる。この条件の解を得るために本研究では、群粒子最適化法を一部の最適化変数に適用することで、条件を行列不等式に帰着させた。</p>			